



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Efeito da alcalinidade sobre o cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Dr. Walter Quadros Seiffert

Coorientador: Dr. Felipe do Nascimento Vieira

VINICIUS PIÉRRRI

Florianópolis – SC
2012

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Piérri, Vinicius

Efeito da alcalinidade sobre o cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos [dissertação] / Vinicius Piérri ; orientador, Walter Quadros Seiffert ; co-orientador, Felipe do Nascimento Vieira. - Florianópolis, SC, 2012.

48 p. ; 21cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Carcinicultura. 3. Cultivo heterotrófico. 4. Hidróxido de cálcio. 5. Carbonato de cálcio. I. Seiffert, Walter Quadros. II. Vieira, Felipe do Nascimento. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Efeito da alcalinidade sobre o cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos

Por

VINICIUS PIÉRRRI

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aqüicultura.

Prof. Evoy Zaniboni Filho, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dr. Felipe do Nascimento Vieira – *Coorientador*

Dr. José Luiz Pedreira Mouriño

Dr. Sérgio Winckler da Costa

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Wilson e Ivete.

Ao me avô Alécio Martins, “*In memoriam*”.

A todos os meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Ao Prof. Dr. Walter Quadros Seiffert, orientador e amigo, pelo apoio, ensinamentos e paciência ao longo de toda a graduação e pós-graduação.

Ao Dr. Felipe do Nascimento Vieira, coorientador e amigo, pelo acompanhamento, ensinamentos e ajuda ao longo de todos os trabalhos realizados.

Ao CNPq pela bolsa de estudos, o que possibilitou a realização deste trabalho.

Aos amigos José Luiz Pedreira Mouriño, Carlos Manoel do Espírito Santo, Bruno Correa da Silva, Douglas Valter Severino e Ana Carolina Enes pelo trabalho em equipe e troca de conhecimentos.

A todos os funcionários, estagiários, professores e amigos do LCM que contribuíram de alguma forma para o meu aprendizado e realização deste trabalho.

Aos meus pais, irmãos e familiares que sempre me apoiam em todas as minhas decisões e fazem parte de mim.

À minha namorada, Karine Goulart de Oliveira, pelo amor, carinho, incentivo, paciência e capacidade de me manter com os pés ao chão durante toda esta caminhada.

Em fim, a todos que me ajudaram de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes níveis de alcalinidade para o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos. Foram utilizadas 12 unidades experimentais circulares de 1000L abastecido com 850L de água provenientes de um berçário intensivo, povoadas a uma densidade de 165 camarões.m⁻³ e peso médio 5,6g. Em triplicata, os tratamentos consistiram de quatro níveis de alcalinidade na água: 40, 80, 120 e 160 mg.L⁻¹ de carbonato de cálcio. Para correção da alcalinidade, foi utilizado cal hidratada (Ca(OH)₂). Foi observado um decréscimo no pH da água nos tratamentos de menor alcalinidade ($p < 0,05$), assim como os sólidos suspensos sedimentáveis, que também apresentaram valores menores nos tratamentos de alcalinidade mais baixa. Não foi observada diferença significativa nos demais parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água avaliados, assim como nos parâmetros zootécnicos do cultivo entre os tratamentos ($p \geq 0,05$). Os resultados de sobrevivência e taxa de crescimento dos camarões foram considerados adequados para o sistema de cultivo utilizado nos distintos tratamentos. O cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em bioflocos na densidade de 165 camarões.m⁻³ pode ser realizado em águas com alcalinidade entre 40 a 160 mg.L⁻¹ de CaCO₃, sem comprometer os índices zootécnicos do cultivo.

Palavras-chave: carcinicultura, cultivo heterotrófico, hidróxido de cálcio, carbonato de cálcio.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of different levels of alkalinity to the cultivation of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in biofloc system. Were used 12 circular experimental ponds of 1000L with 850L supplied with water from a intensive nursery, thus stocked at a density of 165 camarões.m⁻³ and an average weight 5.6 g. In triplicate, the treatments consisted of four levels of alkalinity in the water: 40, 80, 120 and 160 mg.L⁻¹ of calcium carbonate. For correction of alkalinity, calcium hydroxide was used (Ca(OH)₂). It was observed a decrease in pH of the water in the higher alkalinity treatments ($p < 0,05$), as well as the suspended solid sedimentable, which also showed lower values in treatments with lower alkalinity. There wasn't observed significative difference in other parameters physic-chemical and biological water quality evaluated, as well as in performance parameters of the cultivation between treatments ($p \geq 0,05$). The results of survival and growth rate of the shrimps were considered suitable for the cultivation system used in the different treatments. The cultivation of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in biofloc systems in the density of 165 shrimp.m⁻³ can be performed in water with alkalinity between 40 and 160 mg.L⁻¹ of calcium carbonate, without compromising the zootechnical indexes of the cultivation.

Keywords: shrimp culture, heterotrophic culture, calcium hydroxide, calcium carbonate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Variação da alcalinidade (A) e variação do pH (B) no cultivo de camarões marinhos *L. vannamei* em sistema de bioflocos com diferentes alcalinidades (40, 80, 120 e 160 mg.L⁻¹ de CaCO₃). * A partir do 18º dia, para o parâmetro de pH, o tratamento de alcalinidade 40 demonstrou diferença quando comparado com o tratamento de alcalinidade 160 (p<0,05). Enquanto os tratamentos de alcalinidade 80 e 120 não apresentaram diferença entre nenhum dos tratamentos (p≥0,05). 34
- Figura 2. Variação dos sólidos suspensos totais (A), sólidos suspensos fixos (B), sólidos suspensos voláteis (C) e sólidos suspensos sedimentáveis no cultivo de camarões marinhos *L. vannamei* em sistema de bioflocos com diferentes alcalinidades (40, 80, 120 e 160 mg.L⁻¹ de CaCO₃). * A partir do 27º dia, os tratamentos começaram a diferir entre si para o parâmetro de sólidos suspensos sedimentáveis até o momento da remoção dos sólidos, o qual, o tratamento de alcalinidade 40 estava significativamente mais baixo que os outros tratamentos (p<0,05), os tratamentos de alcalinidade 80 e 120 não diferiram entre si (p≥0,05), porém demonstraram diferença quando comparados com o tratamento de alcalinidade 160 que foi significativamente maior que os outros tratamentos (p<0,05). 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos 31

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão das análises microbiológicas de contagem total de bactérias heterotróficas, bactérias oxidadoras de amônia e bactérias oxidadoras de nitrito da água no cultivo de camarões marinhos *L. vannamei* em sistema de bioflocos com diferentes alcalinidades (40, 80, 120 e 160 mg.L⁻¹, de CaCO₃)..... 38

Tabela 3. Dados de peso médio final, ganho de peso semanal (GPS), produtividade, fator de conversão alimentar (FCA) e sobrevivência no cultivo de camarões marinhos *L. vannamei* em sistema de bioflocos com diferentes alcalinidades (40, 80, 120 e 160 mg.L⁻¹, de CaCO₃)..... 39

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	19
	O cultivo de camarões em bioflocos	20
	Alcalinidade	22
2.	JUSTIFICATIVA.....	25
3.	OBJETIVOS	26
	Objetivo Geral	26
	Objetivos Específicos.....	26
4.	ARTIGO CIENTÍFICO.....	27
	Introdução	28
	Materiais e Métodos.....	29
	Local de estudo.....	29
	Material biológico	29
	Condições experimentais.....	29
	Análises dos parâmetros de qualidade da água	30
	Análises biológica da água.....	32
	Análises dos parâmetros zootécnicos	32
	Análises estatísticas.....	33
	Resultados e Discussão	33
	Parâmetros físico-químicos da água.....	33
	Análise biológica da água.....	37
	Parâmetros zootécnicos	38
	Conclusão.....	40
	Referências	40
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO	44

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a carcinicultura marinha cresce de forma acelerada em diversos países e contribui com 50% dos camarões consumidos no mundo (FAO, 2012). Esta atividade aquícola é praticada em mais de 50 países do mundo, com maior destaque para países asiáticos como China, Índia, Tailândia, Vietnã e Indonésia (FAO, 2012).

A produção brasileira em 2010 foi de 80 mil toneladas (corresponde a menos que 2% da produção mundial) e cresce significativamente nos últimos anos, destacando-se a Região Nordeste como principal polo produtor do país (POERSCH et al., 2006). Esta região é responsável por aproximadamente 95% da produção nacional da carcinicultura por possuir clima quente e favorável ao cultivo durante todos os meses do ano (ROCHA et al., 2004).

As características zootécnicas de rápido crescimento, eficiente conversão alimentar, rusticidade, alta taxa de sobrevivência e pacote tecnológico previamente estabelecido foram imprescindíveis para a consolidação do *Litopenaeus vannamei* como a espécie predominante na carcinicultura marinha nacional e mundial (OSTRENSKY, 2002). O *L. vannamei* é uma espécie nativa da costa oeste da região ocidental, mais precisamente do norte do Peru até Sonora, México, se concentrando nos mares do Equador (ELOVAARA, 2003).

No entanto, com a exploração da atividade, surgiram impactos aos ambientes costeiros como a destruição de ecossistemas devido a implantação dos cultivos, descargas de efluentes ricos em compostos nitrogenados e matéria orgânica, enfermidades, grande dependência de farinha de pescado como fonte de proteína e o surgimento de enfermidades. (NAYLOR et al., 2000; BOYD, 2003).

O principal fator que ocasiona perda econômica no setor aquícola é o surto de enfermidades nos cultivos (BURFORD et al., 2003). No Brasil, duas enfermidades abalaram a indústria de cultivo de camarões nos últimos anos, foram o vírus da Mionecrose Infecciosa Muscular (IMNV) disseminado nos cultivos da região Nordeste e o vírus da Mancha Branca (WSSV) disseminado nos cultivos de Santa Catarina (SEIFFERT et al., 2006). A mancha branca foi registrada em 2005 nas fazendas de Santa Catarina, em 2008 em fazendas do sul da Bahia, e em 2011 em algumas fazendas de Pernambuco, Paraíba e sul do Rio Grande do Norte (GUERRELHAS; TEIXEIRA, 2012). Pelos grandes prejuízos que tem causado nos locais onde se manifesta, o vírus da mancha branca é considerado o de maior importância econômica na indústria de camarão cultivado no mundo (GUERRELHAS; TEIXEIRA, 2012).

Assim, é de interesse dos carcinicultores adotar práticas de produção ambientalmente responsáveis, que minimizem estes impactos (BOYD; CLAY, 2002) e apresentem maior biossegurança. Neste contexto, destacam-se os sistemas sem renovação de água conhecidos como sistemas ZEAH (do inglês, *Zero Exchange Aerated Heterotrophic culture system*), que possui alta produtividade e baixo impacto ambiental.

O cultivo de camarões nesse sistema funciona com altas densidades de estocagem (de 100 até 1200 camarões.m⁻³) e é capaz de trabalhar com elevados índices de produtividade devido à grande biomassa de camarões produzida em menores áreas de cultivo. Adicionalmente, utiliza uma renovação de água baixa ou nula, reduzindo o risco de contaminação tanto da área cultivada como do ambiente circulante. Nos EUA (país pioneiro nesse sistema), os cultivos de camarões com bioflocos têm alcançado níveis de produção próximos a 10 Kg.m⁻² (OTOSHI et al., 2008).

O cultivo de camarões em bioflocos

O cultivo de camarões em bioflocos teve início nos anos 90 na Waddel Mariculture Center, Carolina do Sul, Estados Unidos (HOPKINS et al., 1993). O Waddel Mariculture Center iniciou estes estudos visando desenvolver cultivos com renovação limitada de água. Na década seguinte, estudos com mínima troca de água mostraram que poderia haver redução no risco de introdução e expansão de epidemias virais e bacterianas (MCINTOSH et al., 2000). Neste mesmo centro também foram desenvolvidas importantes pesquisas sobre o cultivo de camarões em bioflocos, como diferentes densidades de estocagem, efeitos da renovação na qualidade da água e caracterização qualitativa e quantitativa dos bioflocos (BROWDY et al., 2001).

Já em Belize, na América Central, estas tecnologias foram modificadas e adaptadas para produção comercial (BOYD; CLAY, 2002; BURFORD et al., 2003). Nestes sistemas é possível elevar a produtividade dos cultivos para cerca de 70 toneladas de camarão por hectare ao ciclo, conforme resultados atingidos por Browdy et al. (2005) que trabalhou em raceways estocados inicialmente com 400 camarões.m⁻².

A tecnologia com bioflocos é caracterizada por altas concentrações de nutrientes, bactérias, fitoplâncton e protozoários (BURFORD et al., 2003) e foi desenvolvida para aproveitar ao máximo o alimento fornecido aos camarões, onde os restos ração, fezes e

metabólitos são transformados em biomassa bacteriana (AVNIMELECH, 1999). A presença de microorganismos nos tanques de cultivo no sistema bioflocos aumenta a eficiência da conversão protéica de 20-25% para cerca de 45%, pois convertem o nitrogênio inorgânico presente na água e o disponibilizam sob a forma de proteína microbiana, que é ingerida pelos camarões cultivados (AVNIMELECH, 1999). Burford et al. (2004), relataram que a utilização dos bioflocos como alimento fornece uma quantidade significativa de nitrogênio para a dieta dos camarões, contribuindo no crescimento dos animais. Estudos indicam que a ingesta de bioflocos pode alcançar mais de 29% do total de alimento consumido por camarões da espécie *L. vannamei* cultivados em meio heterotrófico (BURFORD et al., 2004).

O princípio básico dos cultivos com bioflocos é a manipulação desta complexa comunidade microbiana aeróbica densa e ativa, visando controlar a qualidade da água pela imobilização da amônia em proteína microbiana, reciclando os resíduos da ração e incrementando a eficiência alimentar (AVNIMELECH; KOCHBA, 2009).

Quando efetuada de forma adequado, o manejo da qualidade de água no cultivo de camarões em sistema de bioflocos sem troca de água pode propiciar baixas concentrações de amônia e nitrito no meio de cultivo (AVNIMELECH, 1999; MCINTOSH et al., 2000; BURFORD et al., 2004; AVNIMELECH, 2006; EBELING et al., 2006a; WASIELESKY et al., 2006; VINATEA et al., 2010). Isto ocorre devido a transformação desses compostos pela comunidade microbiana. Esta remoção pode ser realizada por: a) pelas bactérias heterotróficas, que transformam a amônia para biomassa microbiana, b) por meio das conversões realizadas pelas bactérias autotróficas, de amônia para nitrato, ou c) realizada pela assimilação fotoautotrófica das microalgas (EBELING et al. 2006a).

A incorporação dos compostos nitrogenados tóxicos em biomassa bacteriana é realizada estimulando uma correta relação C:N para o crescimento das bactérias, (≥ 15), através da fertilização da água com compostos ricos em carbono (AVNIMELECH et al., 1999). A disponibilidade do carbono possibilita a transformação, pelas bactérias, do nitrogênio inorgânico em proteína microbiana (AVNIMELECH 1999, EBELING et al. 2006a, SAMOCHA et al. 2007). Contudo, as altas taxas de crescimento das bactérias heterotróficas contribuem para a elevação dos sólidos nesse sistema (VAN WYK, 2006), que em excesso pode ocasionar entupimento de brânquias e estresse nos camarões (HOPKINS et al., 1993; HARGREAVES, 2006). As altas concentrações de sólidos suspensos totais propiciam a ocorrência de regiões anóxicas

no centro das grandes partículas de flocos microbianos, possibilitando a ocorrência de desnitrificação no interior dos agregados (EBELING et al., 2006a). As concentrações de sólidos totais mínimas e máximas necessárias para a operação adequada dos cultivos precisam ser estabelecidas (AVNIMELECH, 2006; HARGREAVES, 2006).

As algas proporcionam uma alimentação suplementar para os camarões, fornecem nutrientes para o crescimento de bactérias e servem como fonte básica de alimento para o desenvolvimento do zôoplancton (JU et al., 2008), mas o uso de fontes de carbono no cultivo intensivo promove a sucessão e dominância das bactérias sobre as microalgas (GONZÁLEX-FÉLIX et al., 2007; JU et al., 2008). Adicionalmente, a retirada de compostos nitrogenados pelas algas é prejudicada pela dependência de luz, que só ocorre durante o dia, e é diretamente prejudicada pelos altos índices de sólidos suspensos ou alta turbidez, que impedem que a luz ultrapassem as camadas superficiais do cultivo (EBELING et al., 2006b).

Alcalinidade

A alcalinidade total é a capacidade de tamponamento da água, ou seja, a capacidade da água manter o equilíbrio acidobásico, como segue na equação: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \leftrightarrow 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ (VINATEA, 1997).

A alcalinidade da água refere-se à concentração total de bases tituláveis da água capaz de neutralizar cátions de hidrogênio, sendo os íons bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e hidroxila (OH^-) as principais bases responsáveis pela alcalinidade da água e ocasionalmente os fosfatos, boratos e silicatos. A alcalinidade é expressa em equivalentes de miligrama por litro de carbonato de cálcio (mg.L^{-1} de CaCO_3) e está diretamente relacionado a fatores importantes no cultivo de camarões como o efeito tampão, a variação diária do pH, a fixação do ferro solúvel precipitado, a produtividade do viveiro e a toxicidade de metais (BOYD; TUCKER, 1998).

O desenvolvimento satisfatório dos camarões tanto no ambiente natural como em cultivo, bem como as funções osmorregulatórias normais estão intimamente relacionados às concentrações de íons bicarbonato, sulfato, cloreto, cálcio, magnésio, potássio e sódio na água de cultivo (BALBI et al. 2005). Apesar do *L. vannamei* ser uma espécie eurialina, os íons específicos e a concentração iônica necessária, tanto no cultivo como no ambiente natural, para níveis adequados de sobrevivência e crescimento não são bem conhecidos.

De acordo com Boyd (1990), com o pH na faixa de 6,0 a 9,0, o *L. vannamei* alcança o ótimo crescimento. Além disso, o pH na faixa de 7 a 9 favorece o desenvolvimento de bactérias nitrificantes responsáveis pelo processo de oxidação da amônia ($\text{NH}_4^{4+} \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$) (VAN WYK; SCARPA, 1999; CHEN et al., 2006).

A manutenção adequada da alcalinidade no ambiente de cultivo contribui para a moderação nas alterações de pH decorrentes de processos fotossintéticos e respiratórios (VAN WYK; SCARPA, 1999). Águas com baixa alcalinidade inicial podem vir a ser um problema, principalmente em sistemas onde a renovação de água é limitada (EBELING et. al., 2006b), fator que altera o processo de oxidação da amônia a nitrito pelas bactérias nitrificantes (FENG et al., 2007).

As bactérias capazes de crescer utilizando como fonte de energia os compostos reduzidos de nitrogênio inorgânico são denominadas bactérias nitrificantes e são divididas em quatro classes filogenéticas de *Proteobacteria*: *Alpha*, *Beta*, *Gamma* e *Delta*. Já o gênero *Nitrospira* forma seu próprio filo. As bactérias que oxidam amônia são denominadas *nitrosificantes*, enquanto as bactérias que oxidam o nitrito são as verdadeiras bactérias produtoras de nitrato (MADIGAN, et al., 2010).

As bactérias nitrificantes ao oxidarem a amônia a nitrato reduzem os níveis de alcalinidade na forma de carbonatos e bicarbonatos (CHEN et al., 2006). Segundo a estequiometria apresentada por Van Rijn, J. et al. (2006), cada mg de nitrato reduzido pela desnitrificação heterotrófica gera um aumento de 3,57 mg de CaCO_3 .

Para cada grama de nitrogênio amoniacal oxidada para nitrato são consumidos em média 4,18g de oxigênio e 7,07g de alcalinidade (reduzindo pH) e são produzidos 0,17g de biomassa bacteriana (CHEN et al., 2006). Para Ebeling et al. (2006b), cada grama de nitrogênio amoniacal convertido em biomassa microbiana heterotrófica consome 4,71g de oxigênio, 3,57g de alcalinidade e 15,17g de carboidratos e produz 8,07g de biomassa microbiana e 9,65g de dióxido de carbono. Assim, as bactérias nitrificantes consomem mais alcalinidade e produzem muito menos biomassa microbiana quando comparados às bactérias heterotróficas.

Contudo, as bactérias heterotróficas liberam muito dióxido de carbono, o que em sistemas sem renovação de água se acumulam, podendo causar danos aos organismos cultivados, bem como a redução dos níveis de pH (EBELING et al., 2006b). Para Van Wyk & Scarpa (1999) até 20 mg.L^{-1} de CO_2 na água são considerados aceitáveis para peneídeos, entre 20 e 60 mg.L^{-1} de CO_2 já causam interferências na troca

de CO_2 nas brânquias e em concentrações superiores a 60 mg.L^{-1} de CO_2 podem ser fatais. O acúmulo de CO_2 em sistemas de bioflocos é maximizado pelo incremento de biomassa viva respirando no tanque de cultivo e principalmente pela não renovação da água.

O consumo da alcalinidade como fonte de carbono, apesar de ocorrer de forma moderada, é um aspecto importante em sistemas com troca de água limitada, fazendo-se necessário a adição de carbonatos, usualmente na forma de bicarbonato de sódio para manter a alcalinidade entre 100 e 150 mg.L^{-1} de CaCO_3 (EBELING et al., 2006b). Para Van Wyk e Scarpa (1999) o *L. vannamei* necessita valores de alcalinidade superiores a 100 mg.L^{-1} de CaCO_3 para o seu bom desenvolvimento.

A calagem melhora a qualidade da água do viveiro e dos efluentes (BOYD ; QUEIROZ, 2004), devido a mudanças da alcalinidade e da concentração de cálcio na água, que promovem alterações de outros parâmetros químicos e da comunidade biótica. Segundo Furtado et al. (2011), o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) resultou na melhor relação custo-benefício quando comparou com o carbonato de sódio (Na_2CO_3) e o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) em seu trabalho, já que proporcionou condições físicas e químicas da qualidade da água favoráveis para o desenvolvimento dos bioflocos e crescimento dos juvenis de *Litopenaeus vannamei*, apresentando menor custo de correção da alcalinidade e pH.

2. JUSTIFICATIVA

Com o surgimento de patógenos específicos que afetam a indústria do cultivo de camarões a nível mundial, aliado aos interferes de ordem climática e de poluição ambiental nos ambientes adjacentes as fazendas de camarão marinho, surge a necessidade de buscar alternativas direcionadas a sistemas de cultivo mais controlados e biosseguros.

O sistema de produção em bioflocos é uma alternativa aos sistemas tradicionais, pois além da biossegurança, pode-se trabalhar com densidades mais elevadas utilizando menores volumes de água por ser sem renovação ou limitada. Mas sua aplicação em escala comercial é restringida por falta de informações indispensáveis, até por ser um sistema de produção relativamente recente e demanda um custo operacional maior.

Devido o consumo significativo de carbonatos e bicarbonatos para a manutenção do equilíbrio físico-químico da qualidade da água no sistema de cultivo em bioflocos, é importante identificar os efeitos que diferentes alcalinidades podem causar no equilíbrio de um cultivo em bioflocos, conhecer as depleções de alcalinidade que ocorrem na água e determinar os valores de alcalinidade a serem mantidos no ambiente de cultivo sem prejudicar o seu resultado zootécnico.

Com a necessidade da correção de alcalinidade em águas utilizadas nos cultivos intensivos e superintensivos com camarões peneídeos, este trabalho experimental teve como caráter inédito buscar o aprimoramento e a compreensão do sistema de produção em bioflocos no que tange a concentração adequada de alcalinidade.

3. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Definir os valores de alcalinidade adequados ao cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema de cultivo superintensivo em bioflocos.

Objetivos Específicos

- Comparar o desempenho zootécnico do camarão em bioflocos sobre diferentes alcalinidades (40, 80, 120 e 160 mg.L⁻¹ de CaCO₃);
- Quantificar e interpretar os parâmetros físicos, químicos e biológicos da qualidade de água ao longo do cultivo em relação às diferentes alcalinidades propostas.

4. ARTIGO CIENTÍFICO

Cultivo de camarões marinhos em sistema superintensivo de bioflocos sob diferentes alcalinidades da água

Vinicius Piérri⁽¹⁾, Douglas Valter Severino⁽¹⁾, Carlos Manoel do Espírito Santo⁽¹⁾, Felipe do Nascimento Vieira⁽¹⁾ e Walter Quadros Seiffert⁽¹⁾.

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Aquicultura, Laboratório de Camarões Marinhos, Florianópolis, SC, CEP 88062-601, Brasil⁽¹⁾.

*E-mail: viniciuspierri87@gmail.com

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes níveis de alcalinidade para o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema superintensivo em bioflocos. Foram utilizadas 12 unidades experimentais circulares de 1000L abastecido com 850L de água provenientes de um berçário intensivo, povoadas a uma densidade de 165 camarões.m⁻³ e peso médio 5,6g. Os tratamentos em triplicata consistiram de quatro níveis de alcalinidade na água: 40, 80, 120 e 160 mg.L⁻¹ de carbonato de cálcio. Para correção da alcalinidade, foi utilizado cal hidratada (CaOH). Foi observado um decréscimo no pH da água nos tratamentos de menor alcalinidade ($p < 0,05$). Os sólidos suspensos sedimentáveis totais também foram menores nos tratamentos de menor alcalinidade. Não foi observada diferença significativa nos demais parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água avaliados, assim como nos parâmetros zootécnicos do cultivo entre os tratamentos ($p \geq 0,05$). Os resultados de sobrevivência e taxa de crescimento dos camarões foram considerados adequados para o sistema de cultivo utilizado nos distintos tratamentos. O cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em bioflocos na densidade de 165 camarões.m⁻³ pode ser realizado em águas com alcalinidade entre 40 a 160 mg.L⁻¹ de CaCO₃, sem comprometer os índices zootécnicos do cultivo.

Termos para indexação: *Litopenaeus vannamei*, cultivo heterotrófico, hidróxido de cálcio, carbonato de cálcio.

Abstract - The objective of this study was to evaluate the influence of different levels of alkalinity to the cultivation of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in biofloc system. Were used 12 circular experimental ponds of 1000L with 850L supplied with water from a intensive nursery, thus stocked at a density of 165 camarões.m⁻³ and an average weight 5.6 g. In triplicate, the treatments consisted of four levels of alkalinity in the water: 40, 80, 120 and 160 mg.L⁻¹ of calcium carbonate. For correction of alkalinity, calcium hydroxide was used (Ca(OH)₂). It was observed a decrease in pH of the water in the higher alkalinity treatments ($p < 0,05$), as well as the suspended solid sedimentable, which also showed lower values in treatments with lower alkalinity. There wasn't observed significative difference in other parameters physic-chemical and biological water quality evaluated, as well as in performance parameters of the cultivation between treatments ($p \geq 0,05$). The results of survival and growth rate of the shrimps were considered suitable for the cultivation system used in the different treatments. The cultivation of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in biofloc systems in the density of 165 shrimp.m⁻³ can be performed in water with alkalinity between 40 and 160 mg.L⁻¹ of calcium carbonate, without compromising the zootechnical indexes of the cultivation.

Keywords: *Litopenaeus vannamei*, heterotrophic culture, calcium hydroxide, calcium carbonate.

Introdução

O sistema de produção em bioflocos sem renovação de água conhecidos como sistemas ZEAH (Zero Exchange Aerated Heterotrophic culture system), é capaz de trabalhar com elevados índices de produtividade e utiliza uma renovação de água baixa ou nula, reduzindo o risco de contaminação tanto da área cultivada como do ambiente circulante. Esta tecnologia é caracterizada por altas concentrações de nutrientes, bactérias, fitoplâncton e protozoários (Burford et al., 2003) e foi desenvolvida para aproveitar ao máximo o alimento fornecido aos camarões, onde todos os restos, fezes e metabólitos são transformados em biomassa bacteriana (Avnimelech, 1999).

No cultivo sem troca de água são relatadas baixas concentrações de amônia e nitrito no meio de cultivo (Mcintosh et al., 2000; Burford et al., 2004; Vinatea et al., 2010), resultado da remoção desses compostos pela comunidade microbiana, que pode ser realizada por: a) pelas

bactérias heterotróficas, que transformam a amônia para biomassa microbiana, b) por meio das conversões realizadas pelas bactérias autotróficas, de amônia para nitrato, ou c) realizada pela assimilação fotoautotrófica das microalgas (Ebeling et al. 2006a).

As bactérias nitrificantes ao oxidar a amônia a nitrato reduzem os níveis de alcalinidade na forma de carbonatos e bicarbonatos (Chen et al., 2006). O consumo da alcalinidade como fonte de carbono é um aspecto importante em sistemas com troca de água limitada, fazendo-se necessário a adição de carbonatos (Ebeling et al., 2006b). Contudo, poucos estudos são relatados no que tange a alcalinidade do cultivo de camarões em sistema de bioflocos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influencia de diferentes níveis de alcalinidade para o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema superintensivo em bioflocos.

Materiais e Métodos

Local de estudo

O experimento foi realizado nas instalações do Laboratório de Camarões Marinhos (LCM – UFSC) localizado na Barra da Lagoa em Florianópolis, Santa Catarina, Brasil (latitude 27° 35' sul – longitude 48° 32' oeste).

Material biológico

Foram utilizados juvenis de peso médio 5,6 gramas provenientes de um berçário intensivo com sistema de bioflocos sob uma densidade de 833 camarões.m⁻³.

Condições experimentais

Os camarões foram povoados a uma densidade de 165 camarões.m⁻³ em 12 unidades experimentais circulares de fibra de vidro com 850 L da água proveniente do tanque berçário com água previamente fertilizada. Cada unidade experimental foi equipada com um sistema de aeração, o qual foi conectado por via de mangueiras e canos de PVC ao sistema central de aeração do próprio laboratório, composto por um soprador de ar de 7,5cv. A temperatura foi mantida entre 29 e 29.5 °C com o auxílio de aquecedores elétricos de titânio de 1000 W de potência acoplados a um termostato.

Foram utilizados quatro tratamentos em triplicata, sendo mantidas diferentes alcalinidades:

- **Tratamento 1** – Alcalinidade em 40 mg.L^{-1} de CaCO_3 ;
- **Tratamento 2** – Alcalinidade em 80 mg.L^{-1} de CaCO_3 ;
- **Tratamento 3** – Alcalinidade em 120 mg.L^{-1} de CaCO_3 ;
- **Tratamento 4** – Alcalinidade em 160 mg.L^{-1} de CaCO_3 .

Inicialmente foi realizada a etapa de aclimação, a qual foi aguardado o sequestro da alcalinidade até que todos os tanques atingissem alcalinidade 100, a partir deste momento, os tanques foram aclimatados com cal hidratada até chegarem ao distintos tratamentos na mesma data.

A alcalinidade foi controlada dentro dos valores estabelecidos utilizando hidróxido de cálcio para ajustar a alcalinidade dos tratamentos, com tolerância de 10 mg.L^{-1} para mais ou para menos.

Os sólidos suspensos totais da água foram mantidas abaixo de 850 mg.L^{-1} . Para isto, foram utilizados decantadores cônicos de volume de 170 L (20% do volume total de água), que em bateladas, por três dias seguidos, foram responsáveis pela remoção do sólido excedente nas unidades experimentais.

Os camarões foram alimentados três vezes ao dia com ração comercial da marca comercial Guabi® (35% proteína bruta) com o auxílio de um comedouro por unidade experimental para ajuste do consumo.

Foram acompanhadas ao longo do experimento as variáveis físico-químicas (Tabela 1) e biológicas de maior importância para um bom desempenho zootécnico.

Análises dos parâmetros de qualidade da água

O oxigênio dissolvido, a temperatura da água dos tratamentos foram monitorados com um medidor de oxigênio YSI modelo 55. A salinidade foi medida com condutivímetro YSI modelo 30.

A transparência da água e os sólidos sedimentáveis foram medidos com auxílio de um disco de Secchi e cone Inhoff respectivamente. Para o pH foi utilizado um pHmetro digital Alfakit AT350 pelo método eletrométrico.

A concentração de sólidos suspensos totais (SST) foi avaliada seguindo o método de gravimetria de volatilização adaptado de Strickland e Parsons (1972). Foram utilizados micro filtros de fibra de vidro (GF/50-A $47 \pm 0,5\text{mm}$), previamente secos e pesados, na filtração

de um volume de amostra de 100 mL, sendo posteriormente levados à estufa (60°C) durante 12h e então pesados em balança analítica. Em seguida foram levados a mufla (450° C) durante 1h e 30m e pesados em balança analítica para determinar os sólidos suspensos voláteis (SSV) e fixos (SSF).

As concentrações de amônia ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$) - N, nitrito (NO_2) - N, nitrato (NO_3) - N, fosfato (PO_4^{3-} - P), foram analisados pelo método colorimétrico de acordo com procedimento descrito por Strickland & Parsons (1972).

A determinação da concentração de clorofila-*a* foi realizada procedendo-se a filtração de 10mL de amostra de cada unidade experimental através de filtros de microfibras de vidro (GF/F - 25mm). A extração do pigmento fotossintético foi feita em acetona 90% (Merck® PA), no escuro e à -18°C durante 24h, para posterior determinação da concentração de clorofila *a* por fluorimetria (Strickland & Parsons 1972).

A alcalinidade foi determinada pelo método de titulométrico de neutralização (APHA, 2005).

Tabela 1. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos

Parâmetro monitorado	Frequência	Observação
Oxigênio Dissolvido	2 x dia	8 e 17 horas
Temperatura	2 x dia	8 e 17 horas
pH	1 x dia	17 horas
Volume de flocos	3 x semana	2 ^a , 4 ^a e 6 ^a (8 horas)
Transparência	3 x semana	2 ^a , 4 ^a e 6 ^a (8 horas)
Alcalinidade	3 x semana	2 ^a , 4 ^a e 6 ^a (8 horas)
Sólidos Suspensos Totais	2 x semana	2 ^a e 5 ^a (9 horas)
Sólidos Suspensos Fixos	2 x semana	2 ^a e 5 ^a (9 horas)
Sólidos Suspensos Voláteis	2 x semana	2 ^a e 5 ^a (9 horas)
Amônia Total	2 x semana	2 ^a e 5 ^a (9 horas)
Nitrato	2 x semana	2 ^a e 5 ^a (9 horas)
Nitrito	2 x semana	2 ^a e 5 ^a (9 horas)
Salinidade	2 x semana	2 ^o e 5 ^a (9 horas)
Fosfato	2 x semana	2 ^a e 5 ^a (9 horas)
Clorofila- <i>a</i>	1 x ciclo	Final do experimento

Análises biológica da água

Para a contagem de bactérias heterotróficas totais foram coletados 1mL da água dos tanques e realizado diluição seriada 1:10 em solução salina estéril (3% de NaCl) até a diluição 10^{-5} . Posteriormente, as diluições foram semeadas em placas de Agar Marine e incubadas a 30°C. Após 24h de incubação, foram quantificadas as unidades formadoras de colônia.

A contagem de bactérias nitrificantes totais foi realizada pela metodologia de NMP (número mais provável) descritos por APHA (2005). Foram utilizados quinze tubos contendo 10 mL dos respectivos meios de cultura para as bactérias oxidadoras de amônia (0.5 g.L⁻¹ (NH₄), 1.1 g.L⁻¹ Na₂CO₃, 1.0 g.L⁻¹ KH₂PO₄, 0.3 g.L⁻¹ MgSO₄.7H₂O, 0.2 g.L⁻¹ NaCl, 0.03g.L⁻¹ FeSO₄, pH 8.0) e nitrito (0.5 g.L⁻¹ KNO₂, 0.1875 g.L⁻¹ MgSO₄.7H₂O, 1.5 g.L⁻¹ NaHCO₃, 0.5 g.L⁻¹ K₂HPO₄, 0.5 g.L⁻¹ KH₂PO₄, 0.2 g.L⁻¹ NaCl, 0.0125 g.L⁻¹ CaCl₂.2H₂O, 0.01g.L⁻¹ FeSO₄.7H₂O, pH 8.0) inoculados com 10, 1 e 0,1 mL das amostras das unidades experimentais, constituindo cinco repetições para cada diluição. Posteriormente os tubos foram incubados a 25°C por 21 dias para verificação do crescimento. O crescimento das bactérias nitrificantes foi detectado através do decréscimo do valor de pH de cada tubo em relação a um tubo controle, sem inoculação da amostra e incubado nas mesmas condições.

Análises dos parâmetros zootécnicos

Foi realizada uma biometria semanal para acompanhamento do crescimento dos camarões.

A Taxa de sobrevivência (%), ganho de peso semanal (g/semana) taxa de crescimento relativo (%), fator de conversão alimentar (FCA) e produtividade foram calculadas conforme segue:

- Peso médio (g) = biomassa total / n° final de camarões;
- Ganho de peso semanal (g/semana) = Ganho em peso / semanas de cultivo;
- Biomassa (g) = peso úmido médio final X N° final de camarões;
- Produtividade (Kg m⁻²) = Biomassa final / área total;
- Fator de Conversão Alimentar (FCA) = Consumo de ração / biomassa final;
- Taxa de sobrevivência (%) = (n° final de camarões / n° inicial de camarões) x 100.

Análises estatísticas

Os parâmetros de qualidade de e de desempenho dos animais nos diferentes tratamentos foram submetidos à análise de variância com parcelas subdivididas no tempo ($\alpha < 0,05$) considerando-se as premissas necessárias para a sua aplicação (possuir normalidade e homocedasticidade de dados). Os demais parâmetros foram submetidos a anova unifatorial ($\alpha < 0,05$). Nos parâmetros que foram detectados diferença significativa, o teste Tukey de separação de médias foi aplicado ($\alpha < 0,05$) (Zar, 1996).

Resultados e Discussão

Parâmetros físico-químicos da água

Os parâmetros físico-químicos monitorados de temperatura (28,5-30,8) e oxigênio dissolvido (5,00-6,75) mantiveram-se sempre dentro dos níveis considerados ideais (fora do limite letal) para o crescimento do camarão marinho *L. vannamei* (Van Wyk & Scarpa, 1999) durante todo o experimento. A salinidade foi mantida em média de $31,5 \pm 0,64$ ‰, variando muito pouco ao longo dos 49 dias experimentais.

A alcalinidade da água inicial das unidades experimentais apresentava 138 mg.L^{-1} de CaCO_3 , após a aclimação ser concluída (duração de 22 dias), os tratamentos propostos de alcalinidades 40, 80, 120 e 160 mg.L^{-1} de CaCO_3 foram atingidos e mantidos ao longo dos próximos 27 dias de experimento (Figura 1). A manutenção adequada da alcalinidade no ambiente de cultivo contribui para a moderação nas alterações de pH decorrentes de processos fotossintéticos e respiratórios (Van Wyk & Scarpa, 1999).

Durante a aclimação, o pH da água das unidades experimentais baixou conforme a alcalinidade foi consumida, assim como foram relatados por Chen et al. (2006) e Ebeling et al. (2006b). Este decréscimo está relacionado ao processo de nitrificação como resultado do consumo de alcalinidade (CaCO_3) e a liberação de CO_2 e para o meio. De acordo com Hargreaves (1998), para cada mol de amônia oxidada, ocorre a liberação de dois íons de hidrogênio (H^+), explicando a queda de pH encontrada nos tratamentos. Durante o período experimental (após a aclimação) o pH de todas as unidades experimentais se mantiveram estáveis.

O pH demonstrou interação ao longo do tempo (Figura 1), entre os tratamentos. A partir do 18º dia de experimento o pH do tratamento

com alcalinidade 40 demonstrou diferença quando comparado com o tratamento de alcalinidade 160 ($p < 0,05$). Já os tratamentos de alcalinidade 80 e 120 não apresentaram diferença entre nenhum dos tratamentos ($p \geq 0,05$).

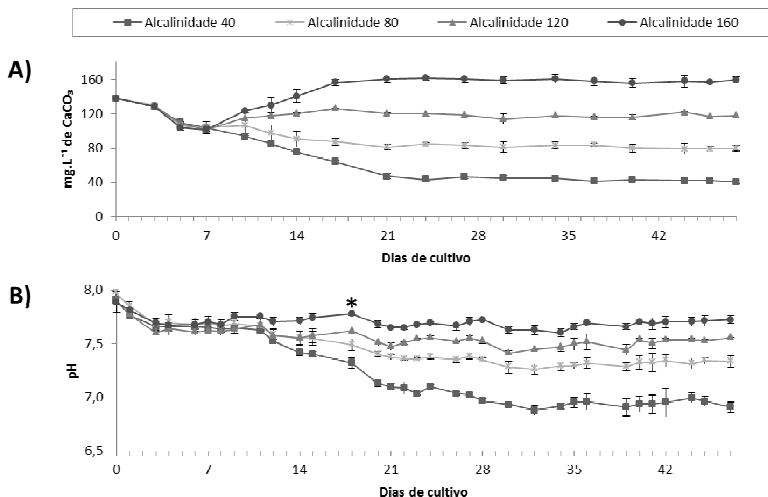


Figura 1. Variação da alcalinidade (A) e variação do pH (B) no cultivo de camarões marinhos *L. vannamei* em sistema de bioflocos com diferentes alcalinidades (40, 80, 120 e 160 mg.L^{-1} de CaCO_3).

* A partir do 18º dia, para o parâmetro de pH, o tratamento de alcalinidade 40 demonstrou diferença quando comparado com o tratamento de alcalinidade 160 ($p < 0,05$). Enquanto os tratamentos de alcalinidade 80 e 120 não apresentaram diferença entre nenhum dos tratamentos ($p \geq 0,05$).

No 37º dia de experimento, devido a alta taxa de sólidos suspensos totais ($885,6 \pm 65,6 \text{ mg.L}^{-1}$), foi necessário fazer a remoção do sólido excedente. Assim, baixando ao término do processo (três dias) o equivalente a $50,15 \pm 7,91 \%$ (Figura 2).

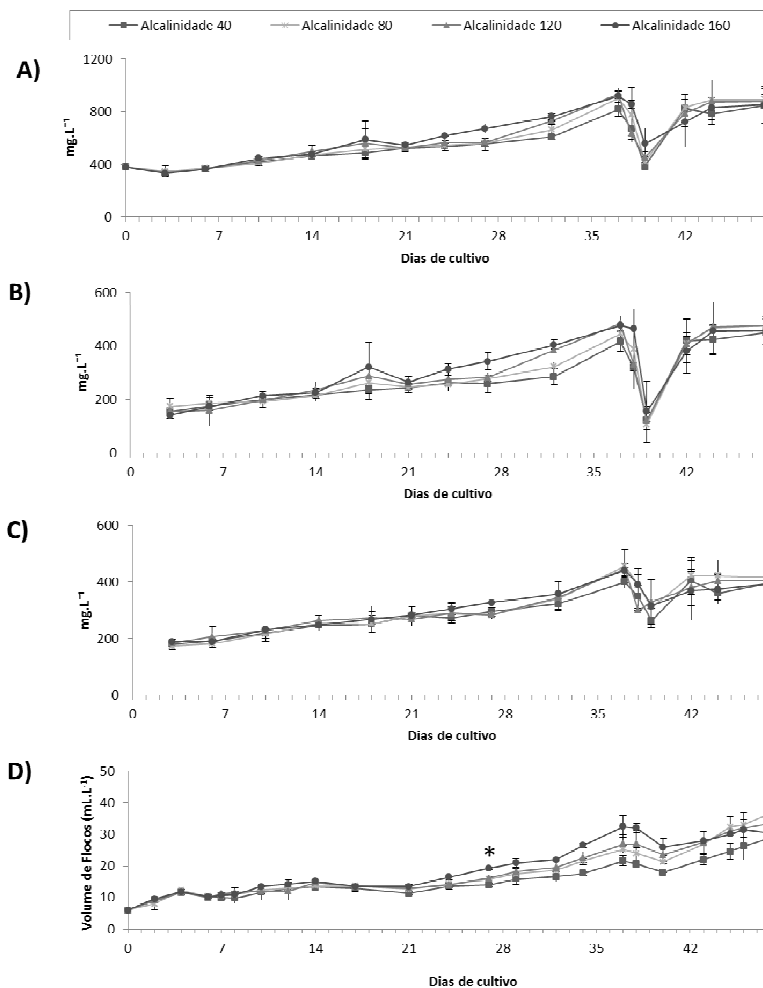


Figura 2. Variação dos sólidos suspensos totais (A), sólidos suspensos fixos (B), sólidos suspensos voláteis (C) e sólidos suspensos sedimentáveis no cultivo de camarões marinhos *L. vannamei* em sistema de bioflocos com diferentes alcalinidades (40, 80, 120 e 160 mg.L⁻¹ de CaCO₃).

* A partir do 27º dia, os tratamentos começaram a diferir entre si para o parâmetro de sólidos suspensos sedimentáveis até o momento da remoção dos sólidos, o qual, o tratamento de alcalinidade 40 estava significativamente mais baixo que os outros tratamentos ($p < 0,05$), os tratamentos de alcalinidade 80 e 120 não diferiram entre si ($p \geq 0,05$), porém demonstraram diferença quando comparados com o tratamento de alcalinidade 160 que foi significativamente maior que os outros tratamentos ($p < 0,05$).

A alta concentração de sólidos suspensos totais propicia a ocorrência de regiões anóxicas no centro das grandes partículas de flocos microbianos, possibilitando a ocorrência de desnitrificação no interior dos agregados (Ebeling et al., 2006b). Segundo a estequiometria apresentada por Van Rijn, J. et al. (2006), cada mg de nitrato reduzido pela desnitrificação heterotrófica gera um aumento de 3,57 mg de CaCO_3 .

No momento da renovação, o volume total dos sólidos suspensos totais foi superior nos tanques com maior alcalinidade, porém sem diferença entre os tratamentos.

Para os sólidos suspensos sedimentáveis, a média dos tratamentos de alcalinidade 40, 80, 120 e 160 estavam em 21,7, 25,3, 27,0 e 32,5 mL.L^{-1} respectivamente no momento da remoção dos sólidos e demonstraram interação ao longo do tempo. Onde o tratamento de alcalinidade 40 estava significamente mais baixo que os outros tratamentos ($p < 0,05$), os tratamentos de alcalinidade 80 e 120 não diferiram entre si ($p \geq 0,05$), porém demonstraram diferença quando comparados com o tratamento de alcalinidade 160 que foi significamente maior ($p < 0,05$). A partir do momento que foi realizada a remoção dos sólidos, devido a variância resultada do manejo, os dados coletados após esta data, não demonstraram resultados confiáveis relativos aos tratamentos, impossibilitando a confiança nas análises estatísticas após o 37º dia de experimento.

A maior alcalinidade e valor de pH podem ter contribuído com uma maior formação dos agregados microbianos, devido uma maior taxa de nitrificação e oxidação de compostos.

Ray et al (2010) demonstraram em seu trabalho que nos tanques onde foi feita a remoção dos sólidos suspensos houve uma redução de 59% de sólidos suspensos totais, 60% de nitrato, 61% de fosfato, além do incremento de 33% na alcalinidade. Este resultado contrasta com o encontrado neste experimento, onde não foi identificado este incremento da alcalinidade após a retirada dos sólidos nas unidades experimentais.

A amônia apresentou-se baixa durante todo o experimento, ($< 0,4 \text{ mg.L}^{-1}$ em todos os tratamentos), o nitrito, componente intermediário do processo de nitrificação (Hargreaves, 1998), obteve seu pico máximo ao término da primeira semana de experimento, em seguida todas as leituras apresentaram valores de nitrito próximos a zero ($< 0,22 \text{ mg.L}^{-1}$ em todos os tratamentos) e tanto a amônia como o nitrito não apresentaram diferença entre os tratamentos ($p \geq 0,05$). Os baixos valores de nitrito registrados ao longo do experimento sugerem a oxidação completa da amônia a nitrato (Cohen et al., 2005).

As concentrações de nitrato registradas nas diferentes alcalinidades experimentais estiveram dentro dos níveis aceitáveis ($\leq 60 \text{ mg.L}^{-1}$) para o cultivo de *L. vannamei* (Van Wyk & Scarpa, 1999) e não foi detectada diferença significativa entre os tratamentos ($p \geq 0,05$). As taxas de nitrato se mantiveram estáveis durante todo o experimento, não aumentando gradativamente como era esperado, tendo em vista que o nitrato é o produto final da nitrificação (Hargreaves, 2006). A remoção do nitrato pode ser realizada pelo consumo por microalgas, renovações de água ou utilização de biorreatores para o processo de desnitrificação (Hargreaves, 2006). Os baixos valores de nitrato podem estar ligados à baixa produtividade média dos tratamentos, (aproximadamente $2,375 \text{ kg/m}^3$) e a presença de microalgas nos tanques, que são comuns em sistemas de alta densidade e zero renovação (Burford et al., 2004).

A análise de clorofila-a ao término do experimento mostrou a presença de algas em todos os tanques (média de $0,070 \pm 0,022$), não demonstrando diferença estatística entre os tratamentos ($p \geq 0,05$). Os baixos valores observados de nitrato e fosfato na água dos tanques pode ser explicada pelo consumo destes nutrientes pelas algas. Em todos os tanques, os valores de fosfato estiveram sempre baixos. Nos tanques com a alcalinidade mais baixa, foram observados os maiores valores de fosfato, chegando seu auge a $4,03 \text{ mg.L}^{-1}$ ao término do experimento, enquanto os tanques com a alcalinidade mais alta não passaram de $2,82 \text{ mg.L}^{-1}$. Porém as concentrações de fosfato do presente estudo não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$).

Análise biológica da água

Os resultados finais da contagem total de bactérias heterotróficas e nitrificantes não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($p \geq 0,05$) e estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão das análises microbiológicas de contagem total de bactérias heterotróficas, bactérias oxidadoras de amônia (AOB) e bactérias oxidadoras de nitrito (NiOB) da água no cultivo de camarões marinhos *L. vannamei* em sistema de bioflocos com diferentes alcalinidades (40, 80, 120 e 160 mg.L⁻¹, de CaCO₃)

Análise	Tratamento			
	Alcalinidade 40	Alcalinidade 80	Alcalinidade 120	Alcalinidade 160
Heterotróficas (x10 ⁵ UFC.mL ⁻¹)	5,97 ± 0,66 ^a	11,7 ± 7,60 ^a	7,40 ± 1,56 ^a	7,85 ± 3,04 ^a
NMP AOB (NMP.100mL ⁻¹)	23,00 ± 0,00 ^a	23,00 ± 0,00 ^a	20,50 ± 3,54 ^a	28 ± 7,07 ^a
NMP NiOB (NMP.100mL ⁻¹)	13,50 ± 5,77 ^a	14,60 ± 7,73 ^a	10,40 ± 3,68 ^a	8,75 ± 6,01 ^a

Letras sobrescritas diferente indicam diferença significativa entre os tratamentos (p<0,05).

Os resultados de contagem de bactérias totais na água apresentou valores semelhantes aos encontrados por Soares et al. (*in press*), que cultivou camarões em sistema superintensivo alimentados com dieta suplementada com *Lactobacillus. plantarum*.

Ao término do experimento, foram observados valores muito próximos entre os tratamentos, tanto para a contagem de bactérias heterotróficas como para as oxidadoras de amônia e de nitrito. Estes resultados sugerem que apesar da alcalinidade diferente, não houve influência na comunidade bacteriana nestas condições de cultivo.

Parâmetros zootécnicos

Não foram observadas diferenças nos parâmetros de peso médio final, ganho de peso semanal (GPS), biomassa final, produtividade média final, fator de conversão alimentar (FCA) e taxa de sobrevivência entre os tratamentos (p≥0,05) (Tabela 3).

As taxas de sobrevivência e crescimento registradas em todos os tratamentos neste experimento encontram-se dentro da faixa relatada em outros cultivos superintensivos sem renovação de água (Decamp et al., 2003; 2007; McIntosh et al., 2000; Neal et al., 2010; Samocha et al., 2007).

Tabela 3. Dados de peso médio final, ganho de peso semanal (GPS), produtividade, fator de conversão alimentar (FCA) e sobrevivência no cultivo de camarões marinhos *L. vannamei* em sistema de bioflocos com diferentes alcalinidades (40, 80, 120 e 160 mg.L⁻¹, de CaCO₃)

	Tratamento			
	Alcalinidade 40	Alcalinidade 80	Alcalinidade 120	Alcalinidade 160
Peso final (g)	15,26 ± 0,40 ^a	15,19 ± 0,39 ^a	14,40 ± 0,28 ^a	14,76 ± 0,81 ^a
GPS (g)	1,38 ± 0,06 ^a	1,37 ± 0,06 ^a	1,25 ± 0,04 ^a	1,30 ± 0,10 ^a
Produtividade g.m ⁻³	2381,6 ± 80,0 ^a	2404,3 ± 62,3 ^a	2363,5 ± 58,2 ^a	2352,4 ± 117,3 ^a
FCA	1,95 ± 0,10 ^a	1,95 ± 0,07 ^a	2,00 ± 0,08 ^a	1,94 ± 0,10 ^a
Sobrevivência (%)	94,76 ± 3,38 ^a	96,19 ± 4,86 ^a	99,65 ± 0,50 ^a	96,79 ± 0,50 ^a

Letras sobrescritas diferente indicam diferença significativa entre os tratamentos (p<0,05).

As taxas de conversão alimentar obtidas neste estudo foram semelhantes entre os tratamentos, não foram influenciadas pelas diferentes alcalinidades e são similares aos obtidos por McIntosh et al. (2000), Neal et al. (2010) e Samocha et al. (2007).

Os valores de produtividade são inferiores a outros trabalhos da literatura, onde resultados de produtividade considerados bons são encontrados como 7,5 kg/m³ e 10,3 kg/m² (Otoshi et al., 2008), entretanto o presente trabalho utilizou uma densidade mais baixa quando se trata de cultivo com bioflocos (165 cam.m⁻³).

Os resultados apresentados confrontam outros autores como Ebeling et al. (2006b), que relatam que em sistemas com limitada troca de água, a alcalinidade deve estar entre 100-150 mg.L⁻¹ de CaCO₃. Van Wyk & Scarpa (1999) por sua vez relataram que o *L. vannamei* necessita valores de alcalinidade superiores a 100 mg.L⁻¹ de CaCO₃ para o seu bom desenvolvimento, enquanto para Boyd & Tucker (1998) a alcalinidade ideal é superior a 75 mg.L⁻¹ de CaCO₃.

Conclusão

O cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em bioflocos na densidade de 165 camarões.m⁻³ pode ser realizado em águas com alcalinidade entre 40 a 160 mg.L⁻¹ de CaCO₃, sem comprometer os índices zootécnicos do cultivo.

Referências

APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for the Examination of Water and Waste water**. 21.ed. Washington, DC, 2005. 1368p.

AVNIMELECH, Y. Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, p. 227-235, 1999.

BOYD, C. E. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. Alabama: Agriculture Experiment Station; Auburn University, Alabama, 1990. 473p.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer Academic, 1998. 700 p.

BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; MCINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, v. 219, p. 393-411, 2003.

BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; MCINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**, v. 232, p. 525-537, 2004.

CHEN, S. L.; LING, J.; BLANCHETON, J. P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 179-197, 2006.

COHEN, J. M.; SAMOCHA, T. M.; FOX, J. M.; GANDY, R. L.; LAWRENCE, A. L. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, v. 32, p. 425-442, 2005.

DECAMP, O.; CODY, J.; CONQUEST, L.; DELANOY, G.; TACON, A. G. J. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone), within experimental zero-water exchange culture systems. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 345-355, 2003.

DECAMP, O.; CONQUEST, L.; CODY, J.; FORSTER, I. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, p. 395-406, 2007.

EBELING, J. M.; RISHEL, K. L.; WELSH, C. F.; TIMMONS, M. B. Impact of the Carbon/Nitrogen Ratio on Water Quality in Zero-Exchange Shrimp Production Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE RECIRCULATING AQUACULTURE, 6., 2006a, Virginia. **Proceedings**. Virginia: Virginia Tech University, 2006a. p. 361 - 369.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, p. 346-358, 2006.

HARGREAVES, J. A. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds, **Aquaculture**, v.166, p.181-212, 1998.

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 344-363, 2006.

MCINTOSH, D.; SAMOCHA, T. M.; JONES, E. R.; LAWRENCE, A. L.; MCKEE, D. A.; HOROWITZ, S.; HOROWITZ, A. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v. 21, p. 215-227, 2000.

NEAL, R. S.; COYLE, S. D.; TIDWELL, J. H.; BOUDREAU, B. M. Evaluation of Stocking Density and Light Level on the Growth and Survival of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, Reared in Zero-Exchange Systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 41, p. 533-544, 2010.

OTOSHI, C.A., NAGUWA, S.S., FALESCH, F.C., MCCROREY, E.A., ANSON, T.R., MOSS, S.M. Comercial-scale production of Pacific white shrimp *Penaeus Litopenaeus vannamei* in a biosecure, super-intensive, recirculating aquaculture system. In: ABSTRACTS OF AQUACULTURE AMERICA, 2008. Lake Buena Vista Florida, USA, 2008. p. 9-12.

RAY, A. J.; LEWIS, B. L.; BROWDY, C. L.; LEFFLER, J. W. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, v. 299, p. 89-98, 2010.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, p. 184-191, 2007.

SOARES, M.; VIEIRA, F. N.; AZEVEDO, J. A.; RAMÍREZ, N. C. B.; PIERRI, V.; ESTEVÃO, M. S.; MOURINO, J. L. P.; SEIFFERT, W. Q. **Uso de dieta suplementada com *Lactobacillus plantarum* no cultivo superintensivo de camarões marinhos em bioflocos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, in press.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis.** 2 ed. Ottawa: Queen`s Printer, 1972. 310p.

VAN RIJN, J.; TAL, Y.; SCHREIER, H. J. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 364-376, 2006.

VAN WYK P., J SCARPA. Water quality and management. In: VAN WYK, P.; DAVIS-HODGKINS, M.; LARAMORE, R.; MAIN, K.L.; MOUNTAIN, J.; SCARPA, J. (Eds.). **Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems**. Florida department of agriculture and consumer services, Tallahassee, 1999. p. 128-138.

VINATEA, L.; GALVEZ, A. O.; BROWDY, C. L.; STOKES, A.; VENERO, J.; HAVEMAN, J.; LEWIS, B. L.; LAWSON, A.; SHULER, A.; LEFFLER, J. W. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering**, v. 42, p. 17-24, 2010.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996. 718p.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

AVNIMELECH Y.; Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**. 176, 227–235, 1999.

AVNIMELECH, Y. Combining Recirculation and Active Suspension Technologies in Penaeid Shrimp Culture: Advantages and Potential Development. The Sixth International Conference on Recirculating **Aquaculture**. Roanoke, Virginia, 2006.

AVNIMELECH, Y.; KOCHBA, M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using N-15 tracing. **Aquaculture** 287, 163–168. 2009.

BALBI, F, J ROSAS, A VELÁSQUEZ, T CABRERA & C MANEIRO. Aclimatación de postlarvas de diferentes edades y criaderos del camarón marino *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) a baja salinidad. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. 40: 109-115. 2005.

BOYD, C. E. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama. 473 p, 1990.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer Academic, 700p, 1998.

BOYD, C. E.; CLAY J.W. Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Superintensive Shrimp Aquaculture System. **Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium**. 17p, 2002.

BOYD, C.E., Guidelines for aquaculture effluents management at the farm-level. **Aquaculture** 226, 101-112. 2003.

BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALLOSSI, D.M. et al. (Eds.) **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. aboticabal: Sociedade Brasileira de Aquacultura e Biologia Aquática, p.25-43, 2004.

BROWDY, C. L.; BRATVOLD, D.; STOKES, A. D.; MCINTOSH, R. P. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: **The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001**. (ed. by Browdy C.L. & Jory D.E.) pp. 20–34. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, 2001.

BROWDY, C.L., MOSS, S.M., Shrimp culture in urban, superintensive closed systems. In: Costa Pierce, BA (Ed.), *Urban Aquaculture*. Blackwell Science, Oxford UK, 173-186. 2005.

BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; MCINTOSH, R.P.; BAUMAN, R.H.; PEARSON, D.C. Nutrient and microbial dynamics in high intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture** 219, 393–411, 2003.

BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J.; MCINTOSH, R.P.; BAUMAN, R.H.; PEARSON, D.C.; The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture** 232, 525– 537, 2004.

CHEN, Shulin; LING, Jian; BLANCHETON, Jean-paul. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, p. 179-197, 2006.

EBELING, J. M.; RISHEL, K. L.; WELSH, C. F.; TIMMONS, M. B. Impact of the Carbon/Nitrogen Ratio on Water Quality in Zero-Exchange Shrimp Production Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE RECIRCULATING AQUACULTURE, 6. Virginia. **Proceedings**. Virginia: Virginia Tech University, 2006. p. 361 - 369. 2006a.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, 257. 346–358. 2006b.

ELOVAARA, A.K. Shrimp Farming Manual. **Practical Technology for Intensive Shrimp Production**. Miami, 220pp. 2003.

FENG Y.J.; TSENG S.K.; HSIA T.H.; HO C.M.; CHOU W.P. Partial nitrification of ammonium rich wastewater as pretreatment for Anaerobic Ammonium Oxidation (Anammox) using Membrane Aeration Bioreactor. **Journal of Bioscience and Bioengineering** 104(3):182-187, 2007.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2012**. Roma, 209 p, 2012.

FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. **Aquaculture**, 321. 130–135. 2011.

GUERRELHAS, A.C. de B.; TEIXEIRA, A.P.G. Panorama da situação da mancha branca no Nordeste. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, RJ: SRG Gráfica e Editora Ltda, v.22, n.129, p. 38-41, jan./fev. 2012.

GONZÁLEZ-FÉLIX, M.L., PONCE-PALAFOX, J.T., VALENZUELA-QUINÓNEZ, W., ARREDONDO-FIGUEROA, J. L., GARCÍA-ULLOA, G.M., 2007. Nitrogen budget for a low salinity, zero-water exchange culture system: I. Effect of dietary protein level on the performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone). **Aquaculture Research** 38, 798–808.

HARGREAVES, J. A.. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering** 34, 344–363. 2006.

HOPKINS, J. S.; HAMILTON, D. S.; SANDIFER, P.A.; BROWDY, C. L.; STOKES, A. D. Effect of water exchange rate on the production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets in intensive shrimp ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, 24, 304 – 320, 1993.

JU, Z.Y., FORSTER, I., CONQUEST, L., DOMINY, W., KUO, W.C., HORGAN, F.D. Determination of microbial community structures of shrimp flocc cultures by biomarkers and analysis of flocc amino acid profiles. **Aquaculture Research**. 39, 118–133. 2008.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; DUNLAP, P. V.; CLARK, D. P. **Microbiologia de Brock**. 12a ed. Porto Alegre: Artmed., pp 403-405. 2010.

MCINTOSH, D., SAMOCHA, T.M., JONES, E.R., LAWRENCE, A.L., MCKEE, D.A., HOROWITZ, S., HOROWITZ, A. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. **Aquaculture Engineering** 21, 215–227, 2000.

NAYLOR, R.L., GOLDBURG, R.J., PRIMAVERA, J.H., KAUTSKY, N., BEVERIDGE, M.C.M., CLAY, J., FOLKE, C., LUBCHENCO, J., MOONEY, H., TROELL, M., Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature** 405, 1017-1024, 2000.

OSTRENSKY, A. N., Aquicultura brasileira e sua sustentabilidade. XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Anais. pp. 4-10, 2002.

OTOSHI, C.A., NAGUWA, S.S., FALESCH, F.C., MCCROREY, E.A., ANSON, T.R., MOSS, S.M. Commercial-scale production of Pacific white shrimp *Penaeus Litopenaeus vannamei* in a biosecure, super-intensive, recirculating aquaculture system. In: ABSTRACTS OF AQUACULTURE AMERICA, 2008. Lake Buena Vista Florida, USA, p. 9-12. 2008.

POERSCH, L.; CAVALLI, R.O.; WASIELESKY JÚNIOR, W.; CASTELLO, J.P.; PEIXOTO S.R.M. Perspectivas para o desenvolvimento dos cultivos de camarões marinhos no estuário da Lagoa dos Patos, RS. **Ciência Rural**, v.36, p. 1337-1343, 2006.

ROCHA, I. de P.; RODRIGUES, J.; AMORIN, L. A carcinicultura brasileira em 2003. **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão**, v.6, p.30-36, 2004.

SAMOCHA T.M.; PATNAIK S.; SPEED M.; ALI A.; BURGER J.M.; ALMEIDA R.V.; AYUB Z.; HARISANTO M.; HOROWITZ A.; BROCK D.L. Use of molasses as a carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *L. vannamei*. **Aquacultural engineering**, 36, 184-191, 2007.

SEIFFERT, W. Q.; BELTRAME E.; ANDREATTA E.R. MAGGIONI, D. Enfermidades: uma oportunidade para repensar o cultivo de camarões marinhos. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, RJ: SRG Gráfica e Editora Ltda, v.16, n.97, p. 32-38, nov. 2006.

VAN RIJN, Jaap; TAL, Yossi; SCHREIER, Harold J. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. **Aquacultural Engineering**, p. 364-376, 2006.

VAN WYK P., DAVIS-HODGKINS, M., LARAMORE, R., MAIN, K.L., MOUNTAIN, J., SCARPA, J., 1999. Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. **Florida Department of Agriculture and Consumer Services**, 216p. 1999.

VAN WYK P., J SCARPA. Water quality and management. In: Van Wyk, P. *et al.* (Eds.). Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida department of agriculture and consumer services, Tallahassee, p. 128-138. 1999.

VAN WYK, P. Production of *Litopenaeus vannamei* in recirculating aquaculture systems: Management and design considerations. In: **Proceedings o the 6th International Conference Recirculating Aquaculture**. Virginia Tech University, Blacksburg. p 38-47. 2006.

VINATEA, L. **Princípios químicos da qualidade da água em aquíicultura**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 166p. 1997.

VINATEA L, GALVEZ, A.O., BROWDY, C.L., STOKES, A., VENERO, J., HAVEMAN, J., LEWIS, B.L., LAWSON, A., SHULER, A., LEFFLER, J.W. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering**, 42, 17–24. 2010.

WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY C.; Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture** 258 (2006) 396–403. April, 2006.